

脱水ケーキを路床・路盤材として活用するための土質改良

九州産業大学 学生会員 小倉 正暉九州産業大学 正会員 林 泰弘
鳥栖碎石 非会員 吉田 健治筑後川砂利砂協業組合 非会員 吉田 一彦
九州産業大学 学生会員 鎌田 瑞希九州産業大学 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

花崗岩を掘削・破砕して砂利・洗砂を製造する過程で発生する脱水ケーキを「盛土材」や「刃金土」として利用する研究を行っている。田代ら¹⁾はベントナイトによる土質改良を試み、十分な透水係数を得られたものの強度に問題が残った。脱水ケーキと真砂土を配合した人工刃金土²⁾の適用事例があることから、本研究では、脱水ケーキに固化材を添加した「改良土」と脱水ケーキとまさ土を配合した「まさ土混合土」を作製し、路床材、路盤材に適用できるCBRを確保しながら刃金土としての遮水性を有する地盤材料の開発を目標とした。

2. 改良土・混合土の作製

改良土は、脱水ケーキを4.75mmのふるいを通過するようにときほぐし、含水比を30%、40%に調整したあと、セメント系固化材(U)を添加・混合して作製した。改良土は恒温庫(20±3℃)内で1週間密閉養生後、9.5mmふるいを通過するようにほぐして試験に供した。なお、含水比30%の脱水ケーキにセメント系固化材10 kg/m³を加えた改良土をD(w30)+U10と表記する。

まさ土混合土は、脱水ケーキを4.75mmのふるいを通過するようにときほぐし、細粒分を取り除くために75μmふるいで水洗いしたまさ土を混合して作製した。原料土の物理特性を表-1、粒径加積曲線を図-1に示す。なお、脱水ケーキ30%とまさ土70%を混合した試料をD(30%)+M(70%)と表記する。

3. 締固め特性

まさ土混合土は最適含水比での利用を想定して、JIS A 1210:2009に基づきE法で締固め試験を行った。図-2の締固め曲線より改良土は未処理と比べると最大乾燥密度が低くなっているが、まさ土混合土は、まさ土の割合が高くなると最大乾燥密度が高くなっている。最適含水比は、D(30%)+M(70%)は9.5%、D(60%)+M(40%)は9.7%、D(70%)+M(30%)は11.9%であった。D(w30)+U20、D(w40)+U40は、現在実験中である。

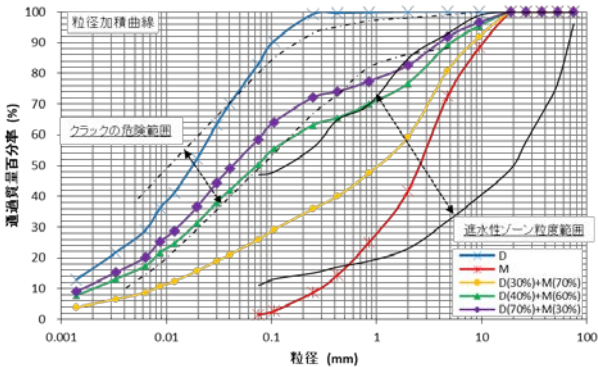


図-1 粒径加積曲線

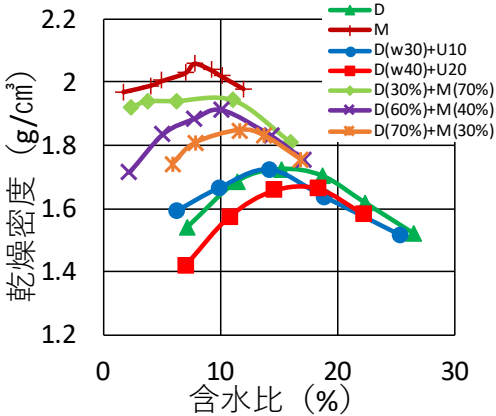


図-2 締固め曲線

表-1 原料土の物理特性 (凡例記号 D：脱水ケーキ M：まさ土)

試料名		D(7月25日採取)	D(10月11日採取)	M	D(30%)+M(70%)	D(60%)+M(40%)	D(70%)+M(30%)
土粒子の密度 g/cm ³		2.566	2.637	2.644	2.653	2.7	2.711
均等係数 U _c		26	40	8.1	173.1	90	53.1
液性限界 w _L %		38.3	48	NP	31.9	37.2	41.6
塑性限界 w _P %		27.2	34.5	NP	25.3	28.4	29.2
塑性指数 I _p %		11.1	13.5	NP	6.6	8.8	12.4
基準	分類名	シルト (低液性限界)	シルト (高液性限界)	礫質砂	細粒分砂質礫質砂	細粒分質礫質砂	シルト (低液性限界)
	分類記号	ML	MH	SG	SFG	SFG	ML

4. CBR 特性

路床・路盤材料としての適用性を検討するために、JIS A 1211:2009 に基づき CBR 試験を行った。含水比と膨張比の関係を図-3、含水比と設計 CBR の関係を図-4、乾燥密度と修正 CBR の関係を図-5 に示す。設計 CBR の目標値は、路床材の最低基準の設計 CBR $\geq 3\%$ 、膨張比 $\leq 3\%$ としたが、未処理土の脱水ケーキは含水比が 20%以上では設計 CBR $\geq 3\%$ を得られず、含水比 15%では設計 CBR $\geq 20\%$ が得られたが膨張比 $\geq 3\%$ となった。セメント系固化材で改良することで含水比が 30%以上の場合でも設計 CBR $\geq 3\%$ 、膨張比 $\leq 3\%$ を得ることができた。まさ土混合土では、まさ土の割合が多くなるにつれて、膨張比が低く、設計 CBR が高くなり、脱水ケーキの割合が多い D(70%)+M(30%) でも設計 CBR $\geq 3\%$ 、膨張比 $\leq 3\%$ を得ることができた。

修正 CBR の目標値は、下層路盤材目安の修正 CBR $\geq 20\%$ としたが、未処理の脱水ケーキ、D(w30)+U10 と D(w40)+U20 では満足する値が得られなかった。D(w30)+U20、D(w40)+U40 の改良土とまさ土混合土は、現在実験中である。

5. 透水係数

遮水性材料として堤体盛土材料の基準である透水係数 $k \leq 5.0 \times 10^{-8} (\text{m/s})$ を目標値として JIS A 1218:2009 に基づき変水位透水試験を行った。乾燥密度と透水係数の関係を図-6 に示す。まさ土混合土は、Dc=100%、Dc=95%のいずれも目標値を満たすことができた。改良土、Dc=90%の場合のまさ土混合土は、現在実験中である。

6. まとめ

改良土は、路床材料としての品質、まさ土混合土は、路床材料および遮水性材料としての品質を確保することができた。しかし、改良土は、路盤材として品質を確保することができなかったので、固化材の添加量が増加した場合の検討を行っていく予定である。

参考文献: 1) 田代ら: 脱水ケーキを刃金土として活用するための土質改良実験, 平成 28 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp. 421-422, 2017. 3. 2) ISK ソリューション株式会社: おろちの鋼土, www.isk-solution.com/product-list/「おろちの鋼土」/, 2017. 10.

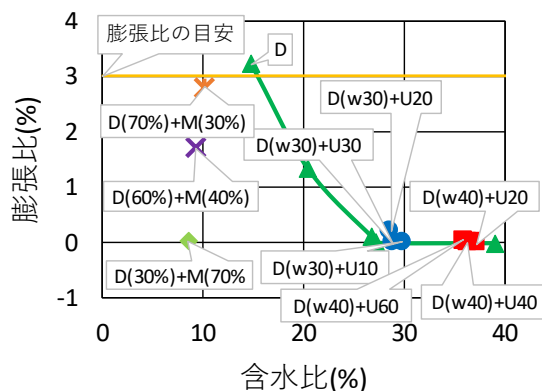


図-3 含水比と膨張比の関係

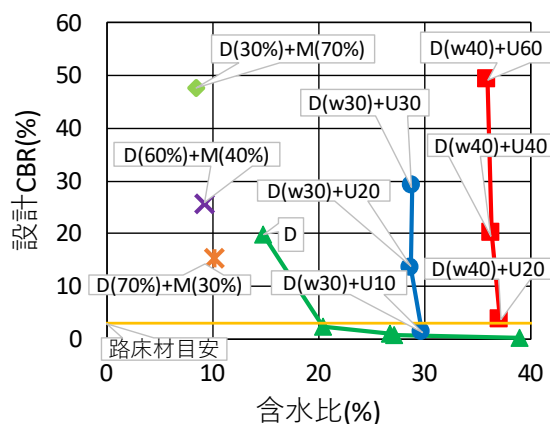


図-4 含水比と設計 CBR の関係

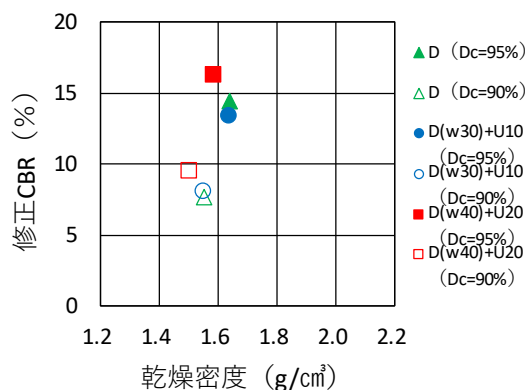


図-5 乾燥密度と修正 CBR の関係

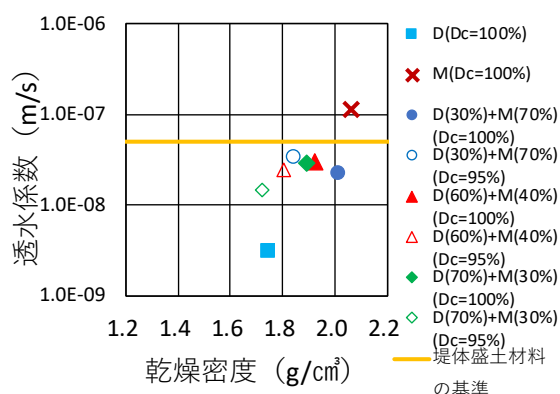


図-6 乾燥密度と透水係数の関係